让智慧插上创造的翅膀：创造动力系统的激活及其条件*

张亚坤[1,3] 陈宁[1] 陈龙安[2] 施建农[1,4,5,6]

([1]中国科学院心理研究所，北京 100101) ([2]中华创造力训练发展协会， 台北 10683) ([3]北京理工大学，北京 100081) ([4]中国科学院大学，北京 100049) ([5]中国科学院行为科学重点实验室，北京 100101) ([6]Department of Learning and Philosophy, Aalborg University, Denmark)

摘 要 创造力是一个集个人、团体、社会、文化相互交织的系统，因此创造力的培养也需要综合考虑。在融合以往创造力研究的基础上，建构了一套系统创造力培养的“蝴蝶理论”，可以鸟瞰创造力培养所需要统筹兼顾的各个部分。同时创造力培养还需要抓住核心来统领全局。动力系统的激活是创造力培养的核心。新颖、适用的创造性成果的产出，需要社会文化中的个体或团体在创造性心理动力的基础上来完成。创造性心理动力有效的激活则需要一些基本条件，如在认知层面，需要具备一定的能力，如一般认知能力、思维方法的掌握、元认知以及高效的资源整合能力等；在非智力因素方面，基本心理需要的满足，个性心理的健康发展等是创造力得以发挥的必要条件，推而广之还包括：合理的社会支持、互动以及文化的包容等等。除了理论方面的整合，本文还从实践的角度分析如何激活学生的动力系统，重点分析了什么是兴趣以及如何激发个体的兴趣，因为以兴趣爱好为核心的内部动机是自主性最高的动力来源。本文从理论（创造力培养的蝴蝶理论）与实践（创造力培养的兴趣激发）两个角度为创造力培养提供了支持。

关键词 BSI 模型，创造力培养的蝴蝶理论，智力导入量，兴趣，失谐解困理论，四向度幽默风格模型，福流动态发展模型

1 引言

1. 1 从人工智能的视角看人类独特的创造性

随着人工智能的迅猛发展，人类的很多能力已逐渐被机器所取代，如：语音识别的错误率可以低于 5.1%，而专业人员的错误率大约在 6%左右(Xiong, Droppo, et al., 2017; Xiong, Wu, et al., 2017)，此外在人脸识别、物体识别、癌症识别、机器阅读理解与翻译、自动驾驶等方面都有望超越人类，甚至连编制代码的程序员都可能被机器所取代，因为机器也可以自动产生代码(Wallner, 2018)。从模式识别到语言翻译，到运动控制，再到记忆、思维策略（如：下棋、打牌）等领域，人工智能已取得了长足的发展，在其中的某些领域中人已经望尘莫及。

虽然现在人工智能已经无声无息地进入到了我们生活的方方面面，但是人工智能也不过是在一些狭窄的领域超过人类，能取代人的领域都是可以程序化的事情，可编程的方面，实际上还有很多如人的情感体验、创造性等无法按照一定流程得以实现。目前的人工智能（Artificial Intelligence）还处于弱人工智能时代，这个时代的人工智能实质上是基于已有数据的归纳。至少现在的 AI 还不具备创造性。

当然，现在出现了会“创作画”的机器人(Sage, 2012)，但是所作的画不是开创一个前所未有的风格，它之所以能“创作”（更确切的说法应该是“制作”），是因为互联网上有许许多多的画可以供它去学习和模拟，程序员可以将已经存在的各种各样的风格、画技进行编程，这样它就可以根据一些既定的方式开始绘画，最后展现在人面前，让人感觉很美很新颖，误以为机器也可以创作。实际上机器并不能体验到这幅画所饱含的丰富意义、情绪感情与美。从目前来看，与创造力有关的幸福感、幽默感、

*收稿日期:2020-7-27

中国科学院“率先行动”计划特色研究所项目(TSS-2015-06)

通讯作者：施建农, E-mail: shijn@psych.ac.cn 陈龙安, E-mail: 3qbank@gmail.com

兴趣、爱等等，计算机模拟还无能为力。因为从理论上来讲，若最底层的 01 编码没有被超越，它就不会饱含人类的高级情感，也不会创造。计算机的电信号只有两种状态，开和关（可以用二进制 1 和 0 来表示），但人类大脑中的神经元之间的“沟通”既有电传导也有化学传导，所传递的信号不是只有“有”和“无”两种状态，而是一个由量变到质变的过程，有一定的累积效应，只有神经细胞的离子通道打开得足够多，使得钠、钾离子流入，从而改变膜上下的电位差，一定区域内细胞膜内外的整体电位差达到一定程度后，它们一起有一个整体的效应，才能让整个神经细胞兴奋(Gazzaniga, Ivry, & Mangun, 2014)。至于为什么某一脑区神经元之间的信号传递能让人产生意识、产生丰富的情感和创造性，科学界至今还没有完全搞清楚，就算我们用还原论的方法，将人产生意识的大脑还原成神经元之间的信号传递，假如人可以变成一个纳米机器人深入到神经元内部一探究竟，看到了神经元内的电信号、细胞膜、膜内的细胞器、钠-钾离子、钠-钾泵（一种将钠-钾离子运输到细胞膜外的蛋白质，用来维持正常的电位差）......但是意识在哪里？到了这个层面，意识、感觉、情绪就消失不见了，还原论的路子无法回答“为什么神经元之间产生电信号或化学信号就可以让人产生意识、情感或创造性”的问题。而对于最底层只有“开”和“关”两种信息传递状态的计算机，我们很难想象将这些电信号汇总到一起会让人工智能产生各种各样丰富的情感体验，“人类丰富的心理过程”不等于“计算机能够执行的算法”；人的“具身认知”也不等于人工智能的“离身认知”(李其维, 2008)。

在当今的时代，人的意义问题被人工智能激发了出来，如何生活得更幸福、更有创造性，成了当今人类思考的重要问题。人工智能会取代一些简单、重复、枯燥的工作，从而逼迫人类往更加富有创造性、更加富有丰厚的情感方向发展。

1. 2 从物种演化的角度看人类独特的创造性

尽管很多动物可以用顿悟的方式解决一些日常问题，如科勒的黑猩猩可以想到将箱子垒起来作为踏板摘到香蕉(叶浩生, 2009)，乌鸦可以根据经验挑出能沉在水中的石子，将其放在瓶中让水面上升，以解决取水的问题(Bonnin, 2012)，此外还有一些学者在动物创造力研究方面介绍了很多动物的创造性问题解决(A. B. Kaufman & Kaufman, 2015；韩茹，施建农, 2005；黄韵等, 2017)。但是这些“聪明的动物们的顿悟”不等于“人的顿悟”，它们是凭直觉快速作出反应，但人的顿悟往往是缓慢的，尤其是在解决更复杂的问题时，往往需要抽象的归纳与假设演绎推理，需要集中注意，人的顿悟是意识与无意识协同作用的产物，既需要无意识地注意聚焦，也需要有意识地理解问题以及与相似问题进行关联(周治金，谷传华, 2015)。此外，人的创造性可以借由语言符号、绘画、雕塑、建筑......不断地积累、叠加、延续，使得人类可以在原有基础之上持续不断地发明创造、不断地推陈出新。Gazzaniga 认为：“人类与其他灵长类动物在肌肉骨骼、体细胞、神经元，甚至社会性行为都没有实质的区别，人类成为人类的奥妙在于神经连接的精妙，具体位置在于前额叶皮层的神经联系，前额皮层整个回路的增大让人获得了更大的灵活性，更擅长为解决问题找到新颖的路径等等”(Gazzaniga, 2008, 2016)。

人的创造性可以让人不再是一个单纯的动物（animal），也不是一个单纯的被造物（creature），而是一个创造者（Creator）。一个完整的人是三大属性的综合，是生理-心理-社会各个方面综合且平衡的人(Shi, Qu, & Liu, 2007)。首先，人具有精神属性，这一属性可以让人类通过语言文字穿越时空来传递创造性的成果，包括科学的求真、艺术的尽美，以及人文的至善；此外还有生物属性，因为人类毕竟是经过亿万年演化而来，人的大脑中依然有着原始脑的成分；此外还有社会属性，人是社会性动物，马克思认为人的本质属性集中体现在人的社会性上，人的一切活动都体现着人与人的关系。马克思说：“人所具有的我无不具有”(张光明，罗传芳, 2010)。在创造力培养中必须要看到一个完整的人才不会片面，如果一个人的社会性和生物性出现问题，也会影响到人智慧性的发展。

BSI 模型（Bio-Social-Intelligence Model）(Shi et al., 2007; Shi, Zhang et al., 2013)给出了一个完整看待人的视角，如图 1a 所示。为树立“创造力培养的完整人性观”提供了依据，人的智慧性是从生物性、社会性逐渐演化而来。生物属性是人与其他动物的共性，人与其他生命形态一样，都要进行新陈代谢，睡眠休息......；而社会属性在一部分动物中也存在，如猴子的社会等级、狼的分工合作，还有蚂蚁、蜜蜂等膜翅目昆虫都具有一定的社会性；只有智慧性让人逐渐脱离了自然的束缚，了解自然的规

律，从而让人与自然更好的和谐共生，人可以利用语言文字将自己创造的文化一点点积累传承，使得人在科学、艺术、人文领域不断积累，在前人基础上不断地再创新。图 1a 中的三原色暗示了人的多种多样就像色彩的多种多样，三原色的不同配比构成了千变万化的色彩，人的三个最核心最本质的方面相互配合构成了丰富多彩的人。

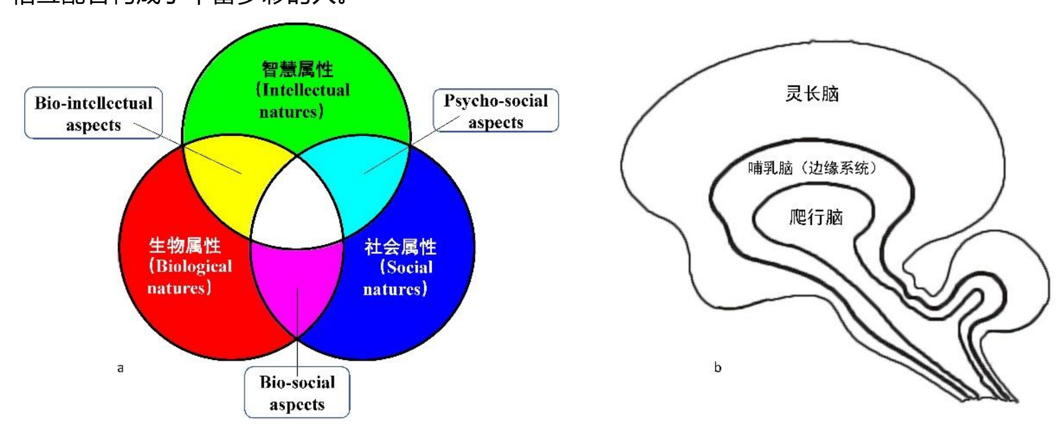


图 1 a 为 BSI 模型（Bio-Social-Intelligence Model）(Shi et al., 2007; Shi et al., 2013)；b 为大脑的层级理论 (Maclean, 1967, 1992)

这一点与 Maclean 提出的大脑层级理论(Maclean, 1967, 1992)相吻合，这个理论虽然提出得比较早，划分得比较粗略，但是正因简单明晰且提供了一个大脑的进化视角而赢得很多人的青睐，如图 1b 所示。人类大脑的进化历程是以打补丁的模式一层层叠加起来的，为了更好适应越来越复杂的环境，在负责自主性机能（如：呼吸、心跳、脉搏、睡眠......）的“爬行脑”基础上，叠加了一层与情绪情感、哺育、社交直接相联系的具有反射性功能的脑区，称之为“哺乳脑”，包括边缘系统、基底节、丘脑等部位；后来又补了一层能够自我调节的脑区，称之为“灵长脑”，来调节爬行脑、哺乳脑的不足，三个层次代表了不同动物进化的谱系，之所以叫爬行脑、哺乳脑、灵长脑，是因为这些脑区往往与目前的爬行动物、哺乳动物、灵长类动物的大脑较为一致，而作为灵长类动物谱系顶端的人类，则有着发达的前额叶，负责更高级的抽象逻辑思维能力，语言表达、监控调节的能力，使得社会性、智慧性远远高于其他的动物。但是在人类的大脑中，仍然存在着古老的脑区（爬行脑）与“旧”脑（哺乳脑），并没有抛弃掉“古”脑、“旧”脑而凭空发展出“新”脑（灵长脑），过去的成分依然保留，而且三者之间并不是独立存在的几大块，而是相互联系，相互协同的整体，越是高级的认知功能（如创造力），就越需要各个脑区的通力合作。

2 创造力培养的统筹兼顾

创造力是人类的高级认知能力之一，而这一高级认知能力得以充分发挥需要一些条件。首先以其它认知能力以及非认知能力为基础，例如感知觉、注意力、抑制控制、工作记忆、语言、思维、决策、问题解决、想象等等；并且与情感、个性、人格方面有着千丝万缕的联系(白春章等, 2012；陈红敏，莫雷, 2005；林崇德, 2013；林崇德，胡卫平, 2012；王瑞明等, 2007)，创造力旺盛的个体往往对经验抱持一种开放的态度，有着强烈的好奇心，敢于进行理性的冒险，普朗克在提名爱因斯坦成为普鲁士科学院院士时曾写下：“没有偶尔的投机和冒险......就没有真正的革命”(Farmelo, 2006)；此外，一个人创造力的有效发挥不仅仅有赖于认知与非认知能力的协同配合，而且与社会、文化有着密切的关系(Huff, 2010; Lubart, 2010; Shi et al., 2007；施建农等, 2012；叶之红, 2007；张亚坤等, 2018)。既然创造力是一个有机联系的系统，那么我们就应该系统地考虑创造力培养，对儿童创造力的培养做到统筹兼顾。

引导和推动一个人朝着富有创造力的人生方向上前进，这种心理动力的产生需要一些条件。

2.1 认知方面的条件

首先需要具备一定的认知能力，十九世纪早期人们普遍持有一种误解和夸大，认为创造性与精神

异常有关，但实际上这些相关研究并不能得出创造力与心理疾病之间的因果关系(Beaussart et al., 2014; Sawyer, 2012, 2013; Simonton, 2014)。虽然存在一些异常的个案（如个别创造性天才同时患有精神分裂症或双向障碍），但在最富创造性的时期，往往情绪稳定，认知能力正常(Richards, 2010)。异常行为不是创造性的必要条件(Plucker & Dow, 2010)。在创造力与精神疾病的关系问题上，Carson 从另一个角度，分析了创造力和精神疾病之间共享的易感性因素：如认知抑制的减弱，新异刺激的寻求，神经连接的增强。创造力高的个体此外还具有一些保护因素：高智商，高工作记忆能力，高认知灵活性，这些保护因素与易感因素结合从而让一个人的创造力得以充分发挥。而容易患上精神疾病的个体还具有一些其他危险因素，如：低智商，工作记忆缺陷，执拗以及其他额外的缺陷，这些危险因素与易感因素相结合更容易罹患一些精神疾病(Carson, 2011, 2014a, 2014b)。也就是说创造力个体与精神疾病个体相互独立，但有一些共享的易感特质，使得创造力个体看起来有些异常。

如今一个人在产出富有创造性成果的时期，往往需要有正常的学习力，以一定的智力水平为基础(Shi et al., 2007)，需要具备正常的一般认知能力（包括：注意力、感知力、记忆力、语言、思维等）；也要掌握一定的思维方法(包括:发散思维、聚合思维、归纳演绎、分析综合等)(Csikszentmihalyi, 2014b)；还要有正常的元认知能力，所谓元认知是对自己身心状态、能力、任务目标、认知策略等多方面的认知(陈英和, 2013)，起着计划、监控、反思、调节自己认知状况的作用(Fayena-Tawil et al., 2011)，元认知在创造力中扮演着重要的角色，杰出的创造者明显会有意识地运用元认知过程，如认知策略的考虑、自主学习、时间管理、自我监控、自我评价等等(Cleary & Zimmerman, 2004; Zimmerman, 1998)。创造性问题解决者也更擅于在解决问题中运用元认知监控策略(Jaarsveld & Leeuwen, 2005)。元认知并不是一个独立的认知活动，而是对各种认知活动的自我意识、自我监控和自我调节，元认知对任何一方面的认知均有影响(陈英和, 2013)，包括创造力以及问题解决的能力。一个人知道自己何时、何地、为什么以及如何才能最具创造性以及了解自己在某领域或者某种特质上的创造力水平和局限，这个时候就涉及创造力元认知(Beghetto et al., 2014; J. C. Kaufman & Beghetto, 2013)；当然也需要具备有效资源管理的能力（高效收集和管理信息、整合信息），如今处在一个信息爆炸的时代更需要这种能力的参与，如果不能高效、简洁地整理这些信息并进行高效整合，将会给大脑带来沉重的负担。多项研究显示，创造性人才的大脑是更加简洁、高效的大脑(Beaty et al., 2018; Milton et al., 2007)。可以将这些与智力有关的因素归纳为“实力（Capability）”，之所以用“实力”而未选用“能力”，一是用能力可能会与一般认知能力出现同语反复，二是“实力”有实实在在的含义，意思更贴切。

2.2 非认知及社会文化方面的条件

其次创造力也与情绪情感、人格特质、社会文化环境息息相关，为了提炼出这些非智力成分的共性，并与上文提到的智力因素（实力）相对应，姑且将这些非智力因素称作“活力（Vitality）”，这里的活力不仅仅指个人的活力，还包括社会、文化的活力。在个人活力方面：这里包括满足学生的一些基本心理需要，如自主、求知审美、情感关系。自主性动机越高，人们就相应地拥有更大的兴趣、热情和自信，继而明显提高一个人的表现、坚持性和创造力(Gerhart & Fang, 2017; Ryan & Deci, 2000)。在情绪情感与创造力的关系问题上，研究发现积极的情绪情感有利于认知灵活性，从而影响到创造力；而消极的情绪情感、神经质有利于认知的坚持性，通过让人执着地思考从而影响个人创造力的产出(Baas et al., 2013; Dreu & Nijstad, 2017)；还有要提供一些丰富而独特经验。创造力与对新颖事物的偏好成正相关，对新颖事物的偏好又与大五人格中的对经验的开放成正相关(Storme & Lubart, 2012)。应给予学生进行个性表达的机会，提高学生在某些方面与众不同、保持新意的倾向等等。鼓励创新更可能产出更多新颖、适用的创新成果(Sawyer, 2012)。经验的多样性（experiential diversity）可以导致认知的多样性（cognitive diversity），而认知多样性可以改善在问题解决中的创造性表现(Page, 2007)；

在社会、文化活力方面：创造力不仅仅关乎个人的一般能力和某些特质，也关乎社会、文化环境因素(Alfonso-Benlliure et al., 2013)。创造力是一种社会文化现象(Kim, 2007; Shi, 2013; Shi et al., 2007; 施建农, 1995; 施建农等, 2012)。人类的创造力不是为了创造而创造的过程，而是为了追求意义、真理和完美(Dai, 2013)。而不同文化所重视的要点、追求的意义不尽相同，例如古希腊人把纯粹的求知作为

完美人性的标准之一，而中国人则把仁爱作为完美人性的标准之一(吴国盛, 2016)。这就使得创造力蒙上一层文化的面纱。不同文化的追求不同，就会导致在这些不同的追求上投入不同的时间、精力，即智力导入的程度不同(Shi, 2013)，从而使得在创新成果上有所差异。Celik 等人也认为不同文化会鼓励、强调不同的技能和认知，直接影响到人们在某个领域所花费的时间和精力，从而使得文化间接影响到了创造的潜能(Celik & Lubart, 2016)。就算个人再有创造的潜质，如果社会、文化不支持，甚至排斥某些方面，也会阻碍压抑特定社会文化中的个体(Hennessey, 2007)。

在文化层面，若反思中西文化中的主流思维方式，中国古代文化擅长类比思维和经验归纳。而西方文化中，演绎思维更加受到提倡和重视。演绎思维是从一般到个别（归纳思维是从个别到一般），思维中一步一步的证明过程，往往具有连续性；而类比思维则是从个别到个别或者从一般到一般，具有跳跃性，可以解释为什么中国文化提倡顿悟，注重整体思考，而西方文化更擅长数理分析。随着近代科学的全球化，思维方式上的差异已逐渐缩小。当然也有学者认为顿悟是一种普适的经验，只不过西方文化往往将顿悟与发现、发明相联系；而中国文化中的顿悟往往是在想法得以澄清的时候(Celik & Lubart, 2016)。不同文化之间的交流、对话、合作，对于保持文化活力大有益处。多元文化经验往往对个体创造力有积极的影响(Celik & Lubart, 2016)。在 2019 年亚洲文明对话大会上，习近平主席强调：“文明之间没有高低优劣之分，只有特色差异之别。正因各有特色才可以交流互鉴，互相学习，以交流互鉴推动人类文明发展进步，共同构建人类命运共同体。”

2. 3 创造力培养的蝴蝶理论：为智慧插上创造的翅膀

如图 2 所示，我们将以上创造力发挥所需要的一些基本要素整合在了创造力培养的“蝴蝶理论”中，可以一目了然创造力培养需要考虑的核心以及需要统筹兼顾的一些重点内容。

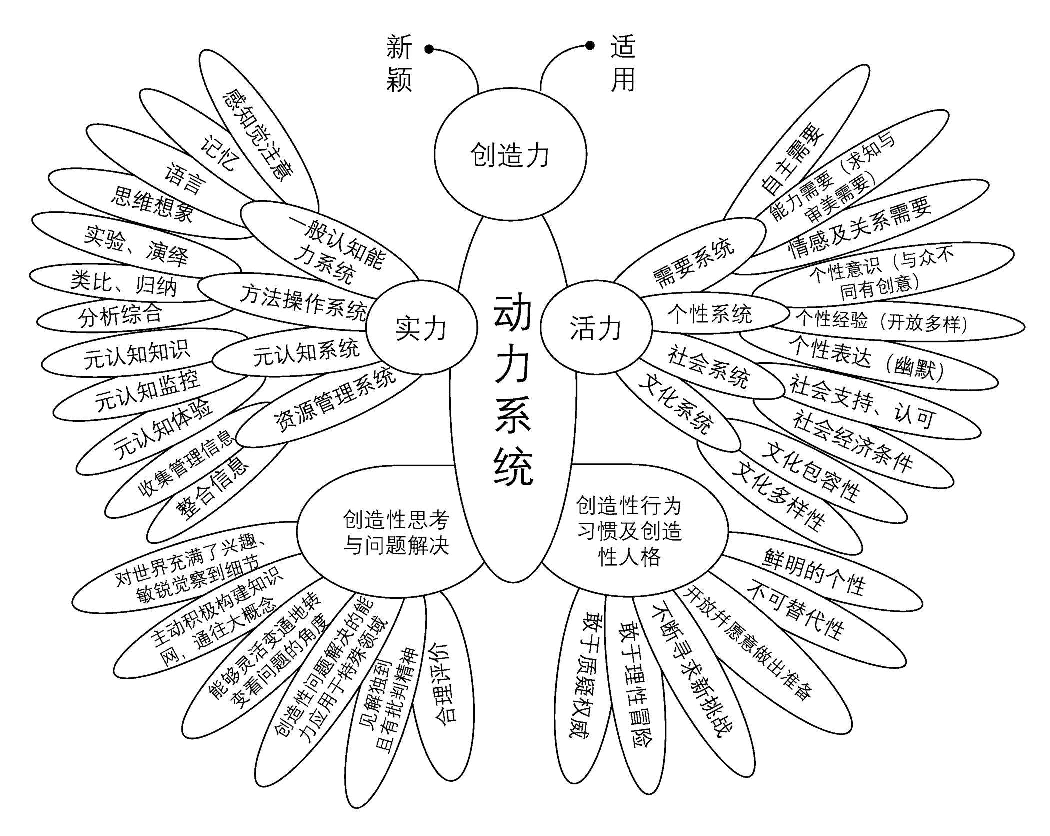


图 2 创造力培养的蝴蝶理论

其中，动力系统是创造力活动的基础(王瑞明等, 2007)；也是创造力培养的核心关注点，主要表现在好奇心、兴趣爱好、热情以及创造性态度倾向等(施建农, 2006)，而以兴趣爱好为核心的内部动机是自主性最高的动力来源(Ryan & Deci, 2000; Ryan & Moller, 2017)。创造性动力的产生需要具备一些条

件，我们将以上分析归纳为“实力”和“活力”这两翼（作为基本的保障系统），为创造力的发挥（产出新颖、适用的创新成果）提供了保障，寓意“为人类的智慧插上创造的翅膀”。只有具备足够结实的“翅膀”，才可能具备扎实的创造力基础，并在真正意义上满足自己的兴趣爱好，使得兴趣爱好得到保障。很多人由于不具备足够的能力和热情，从而未能坚持自己的兴趣理想。

个人要想长久、自由地在一个富有创意的人生中翱翔，还需要在日常生活中不断完善的两个“尾翼”调节平衡（作为调控系统）。这两个尾翼主要是从环境对个体的影响以及个体对环境的回应角度展开。一个是环境在认知方面的支持和调节，不断地引导一个人主动进行创造性思考和问题解决；另一方面是环境对创造性习惯和创造性人格的支持与调节，当遇到困难和问题的时候，也能够相对自动化地朝着求新求变的方向上考虑。在更加细节的层面上讲：认知方面的环境支持和调节包括：1.尊重学生对世界万物充满的兴趣、尊重学生的各种新发现，尊重学生对细节的敏锐觉察；2.引导学生主动积极构建知识网，通往大概念(韦钰，2012；温·哈伦，2011)；3.为进入某个领域以后的专业创造力（pro-c 或 professional c）及大 C 创造力（Big-C）提供足够扎实的知识储备。没有掌握足够的专业知识，就无从谈起超越这些知识，知识是创造力发挥的必要条件，但不是充分条件(Sternberg, 2010)。对知识的编码方式、组织方式、精加工方式，以及是不是能够抓住真实、核心的信息，是不是能够注意到矛盾信息，会影响到一个人创新的质量和独创性程度(Sawyer, 2012)。知识是把双刃剑(Sternberg, 2007, 2010)，不能没有知识，也不能机械、僵化地吸收知识，创造是在“知识”与“知识的解放”中寻找平衡(周冶金，谷传华, 2015)；4.引导学生灵活变通地转变看问题的角度；5.随着学生不断成长，将小时候一般性的创造性问题解决能力应用于特殊领域，并且能够形成自己在特殊领域中的独到见解且富有批判精神，或用批判性的眼光看待领域中已形成的诸多理论及实验等成果；6.并且能够对其有合理的评价。在创造性行为习惯(Sternberg, 2007, 2010)及形成创造性人格方面，包括：1.鼓励并支持学生努力具备鲜明的个性。这里所谓鲜明的个性，不是头发、衣着惹目，显得很“个别”。也不是唯我独尊、目空一切，显得很“独我”。有鲜明个性的人意味着对事物有自己合理的看法，对这个世界有透彻的理解，如果一个人对什么事情都观点模糊，个性是鲜明不起来的，鲜明的个性是日常功夫积累思考的外在体现；2.鼓励学生成为一个不可替代的人；3.鼓励学生对新事物保持开放并自主自愿做出相应的准备；4.鼓励并支持学生不断寻求新挑战。值得注意的是：习惯于一成不变是习惯，习惯于求新求变也是习惯。这里的习惯是习惯用新异的方式应对问题，而不是漫不经心或机械地应付问题(Sternberg，2010)；5.引导学生进行理性冒险，而不盲目冒险；6.包容并鼓励学生对权威合理的置疑，创造力往往需要一定勇气克服遵循社会规范的压力(Runco，2010)。创造性人格特质并不像智商或者内外向性那样属于稳定的能力或人格特质，可以通过后天学习来获得(Sawyer, 2012)。

创造力培养的蝴蝶理论可以回答这样一个悖论：“在创造力教学的过程中，教师常常教给学生一些具体的方法，但方法一旦固定，感觉学生的思路就被限制在了这些具体的方法中，最终并没有起到真正培养创造力的效果。”蝴蝶理论强调的并不是通过教授具体方法来培养创造力，而是通过乐趣等方式激活学生的创造性心理动力，让他（她）们有意无意地将时间、精力投放在批判性思考、突破定势、采用多元视角等的创造性活动中，换句话说，就是通过提高学生的创造力的动力倾向来培养创造力。意识到学习某些方法，不是为了局限在方法中，而是为了在接受和突破中保持平衡。将动力系统作为创造力培养的核心可以较好解决这个悖论。

其次，创造力培养的蝴蝶理论主要针对小 c 创造力的培养，希望能够为通往大 C 创造力提供内在的基础条件。至于大 C 创造性成就的出现，则包含了很多的偶然因素、社会文化的接纳、时代的限制等等，大 C 创造力可以“孵化”，但无法传授。小 c 创造力（little-c 或 everyday creativity）是指日常生活中的新颖（original, new, or unusual）、有意义（meaningfulness）的创新(Richards, 2018)。课堂上培养创造力与日常生活中的创造力并不冲突。课堂也可以是生活，杜威强调“做中学”的前提是强调“教育即生活”，做中学是“术”，教育即生活才是“道”。在课堂上培养创造力反而需要贴近生活，才能更有效地激活创造力的动力。创造力培养不是从一种方法到另一种方法，从发散到聚合或从聚合到发散，而是真正去面对生活中的诸多问题，能够灵活、有创建地应对，打开一个全新的生活世界。

此外，之所以用蝴蝶作为隐喻，也有一定的考虑：“庄周梦蝶”是中国文化中的一个意象，来自《庄子·内篇·齐物论》；庄子在《庄子·外篇·秋水》中赞叹过鱼：“鱼出游从容，是鱼之乐也”；在《庄子·外篇·马蹄》中也赞叹过马：“龁草饮水，翘足而陆 ”。但他没有梦为鱼马，是因为鱼和马在自然状态下，虽可以自由自在，自得其乐，但是鱼可以成为人盘中之餐，马可以成为人的坐骑工具。而蝴蝶不同，蝴蝶也可能被捉住，但不能为人所用，也不能拿来吃，被捉住的蝴蝶会在很短时间内死去。所以一个人要是真正喜欢蝴蝶，就不能将蝴蝶据为己有，只能多栽种花朵并在花丛中欣赏他（她）们的翩翩舞姿，寓意提供合适的创新土壤，给学生提供一定的自由发挥的空间很重要；其次，蝴蝶飞行的轨迹也不是标准化的直线，而是各种曲线的组合，大量的微过程在塑造着他（她）们的行进之路，寓意每个人都会走出自己的创新之路；最后，蝴蝶吃得很少，对外在的需求很少，寓意创造力的发挥更多依赖于内在动机激活。所以蝴蝶意象最能体现创造力培养的那种追求。

3.创造力培养的核心：动力系统的激活

3. 1. 为什么动力系统是创造力培养的核心？

由于创造力的系统纷繁复杂，在创造力培养的过程中，若抓不住重点，就会无从下手。因此创造力培养需要从核心处入手，来带动全盘。从而避免陷入到“培养创造力各种成分”的汪洋大海中。施建农在已有研究基础上提炼出了创造力培养必须要考虑的三大方面：动力系统、资源系统、支持系统(施建农, 2006)，如图 3a 所示。其中动力系统是指维持一个人从事创造性活动所需要的动力，主要是指兴趣、爱好和工作热情等，而以兴趣爱好为核心的内部动机是最主要的动力来源；除了动力系统以外，还有支持系统，像教育理念、激励、发展的机会等精神方面的支持是支持系统的重心；此外还有资源系统，包括物质方面的条件、经费、图书、设备工具等各种各样的资源。对与创造力培养的教育实践者来说，要同等看待这三大系统吗？不管是提供各种心理支持，还是提供各种资源，都是为了要让学生产生足够的心理动力，然后才能更好地进行创造性的活动，如果没有动力去完成，就算给再多的资源与支持也是无效的。也就是说提供各种资源、支持，都应该为这个动力系统服务，而学生的动力系统一旦激活，我们就可以预期他们在遇到相关问题时，会主动地进行创造性思考，采取创造性的行动，以创造性的方式去言说，所以我们可以将这个闭合的环路打开成为开放的路径（如图 3 所示），把动力系统放在中心的位置上，支持系统与资源系统助力动力系统，动力系统的效果产生了，学生们就会有更多的创造性的倾向。在这里假设动力系统起到的作用不是调节，而是中介的作用。

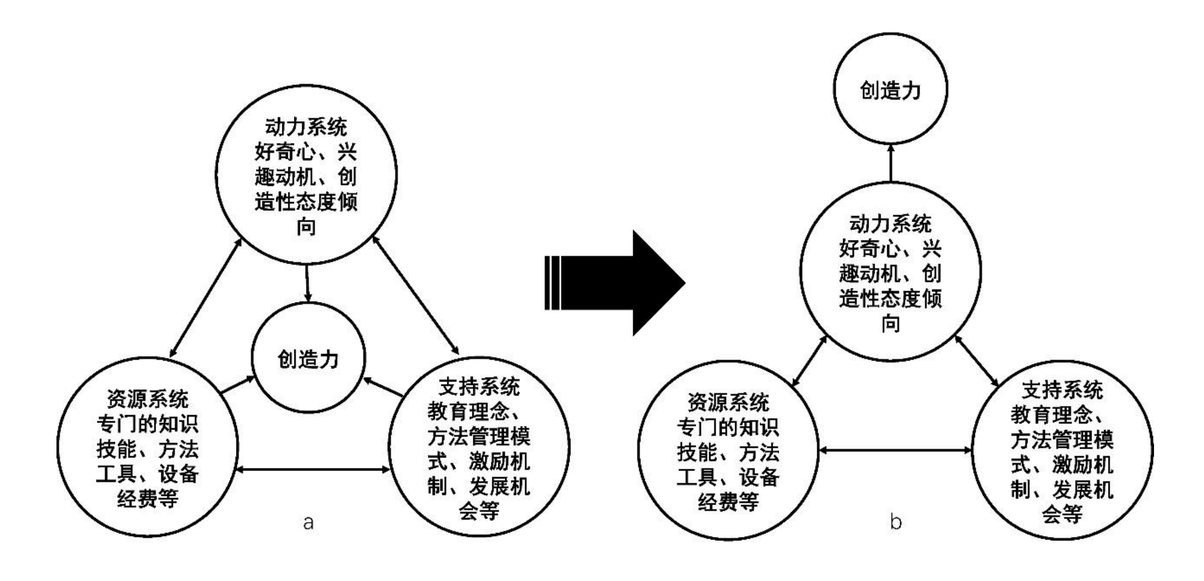


图 3 (a)创造力培养中的三大系统(施建农, 2006)；

(b)将闭环打开为开放的路径，将动力系统作为创造力培养的中心环节

Piirto 在她提出的人才发展金字塔模型中，把一个人的创造性驱动力看成一种创造的激情、使命的召唤，而这种动力不是来自于外在的奖赏或回报，而是来自于对事物本身的内在兴趣(Piirto，2010, 2011)。Amabile 也认为内部动机是进行创造性活动的必要条件，可以促进一个人的创造性活动，而无关的外部动机会阻碍一个人创造性的发挥(Amabile, 1996)。

3. 2. 如何在课堂上或日常生活中激活学生的动力系统？

如何激发学生的兴趣？让创造力培养的过程充满乐趣？是实践当中所需解决的核心问题。接下来我们来探索一下乐趣的实质，只有找到了问题的一般实质，才能让我们在现实中加以灵活运用。我们先从一些具体的实例中归纳出乐趣的核心要素。

案例分析 1：微软在研发 office 过程中难免会出现各种问题，于是让一个测试小组专门负责寻找大大小小的错误，但是这事工程浩大，而且在计算机程序中找错误（Bug），非常枯燥。于是有人开发了一款游戏：只要找到了问题，就会得到相应的积分。积分有多有少，便弄了一个排行榜。最后这款游戏创造了一个有力的竞争机制，世界各地不同语言地区都希望自己检测的语言版本能够获胜......结果：约 4500 位参与者查看了 50 万个 win-7 对话框，记录并报告了 6700 处系统误差，使得错误及时修复。更可贵的是大多数人在查的过程中感到很开心(Werbach & Hunter, 2014)。

有学者认为人们之所以会乐此不疲的查找系统错误，是因为类似的游戏中都具备徽章、点数、积分、排行榜。或者是金钱奖赏，或者是社会奖赏。但这些都属于外部动机的成分，虽然可以维持一定的行为，但是有积分、徽章等并不意味着这项活动或者游戏本身有趣味(刘俊，祝智庭，2015)，我们更关心的是活动本身的趣味性。有趣的活动一定需要点数、徽章、积分、排行榜吗？有时候这些外在的成分，不但没有起到提高兴趣的作用，反而让人更加注重这些外在的东西，而不在意活动本身的趣味性。也就是说，外在动机有可能会削弱内部动机(Hennessey, 2010)。Werbach 认为外在奖励机制更加适用于原本不那么有趣的活动(Werbach & Hunter, 2014)。那是引入竞争机制的原因吗？有时候竞争的引入导致大家的关系紧张恶化，反而妨碍了活动的正常进行。那究竟是什么原因让程序员们产生那么大的动力去查错呢？我们认为重点不在奖励，也不在竞争，而在于这样的方式增添了枯燥活动的趣味性（对于长期查错的程序员来说，从“仅仅为了找错而找错”变成了“为了小组或个人的荣誉”而找错，长期思维定势的打破，让人颇有意料之外的新奇感），此外这种设计还满足了员工们的成就动机。

案例分析 2：微信的崛起只有几年的功夫，其中的很多功能都让外国人啧啧称叹，争相效仿微信的集成创新，在微信的众多功能中有一个有趣的功能：微信红包。2016 年春节期间，微信红包的总收发次数高达 321 亿次，相比 2015 年春节 6 天的 32.7 亿次增长了近 10 倍，2014 年微信红包首次上线时有 500 万人参与，2016 年则有 5.16 亿人用微信红包与亲朋好友分享新年的欢乐(尚俊杰, 2016)。

有学者认为微信红包之所以有趣很重要的原因在于做了随机化处理，可以拿“微信红包”与“支付宝收集五福”的游戏化方式进行对比，它们很重要的区别在于一个是随机分配金额，一个是集齐五福均分财富(尚俊杰, 2016)。从实际的状况来看“随机”要比“均分”的力量更大，但问题是为什么随机化处理可以让这样的活动更有趣？富有乐趣的活动一定需要随机化吗？有趣的活动不一定都要作随机化处理（如：一些科学实验），随机化的东西也不一定有趣（例如：意外事故），但有趣的活动都需要让人感到出乎意料。从行为主义强化理论的视角来看：随机化处理之所以能够维持某种行为，因为它类似于行为主义强化理论中的一种高效强化方式，在断续的正强化中，以比率的程序，而且是变化比率（不定反应次数给强化），能够更好地维持行为，而且更少产生消退现象，像老虎机、赌博、彩票都属于这一类，而不定次数给强化的强化程序，就等同于随机化程序，能更加有效的维持行为。从另一个角度来说，微信红包比支付宝红包（给指定人发红包）仅仅多了两项设计：1.点开后出现“拆”字，2.随机出现金额(尚俊杰，2016)。心理学中有一个效应叫潘多拉效应：越是阻止人看，人们就越感到好奇，越想去看，就像潘多拉魔盒一样(Hsee & Ruan, 2016)。“拆的后面有什么？”这一点让人感到

非常好奇，随机出现的金额往往会出乎人的意料，于是就让随机红包变成了一项非常有趣的设计。我们认为有趣的关键在于：结果不可预期，往往出人意料。

案例分析 3：钢琴楼梯（在瑞典的一个普通地铁站，设计师将地铁站的楼梯变成了巨大的电子琴，每一台阶都对应着钢琴的一个键，人走上去就会发出不同的钢琴声，结果在自动扶梯与钢琴楼梯的比较中，有 66%的行人会选择走楼梯，不仅锻炼了身体，还从中获得了乐趣）；神奇的垃圾桶（在瑞典的一个公园中，当人们在扔垃圾的时候，就会伴随着一种很奇特的声音，仿佛有一个物体从很高的悬崖上坠落，最后砰的一声落地。公园的摄像头记录下了游客们的反应，一开始听到坠落声的时候，还比较疑惑，随着最后砰的一声落地，疑惑与惊愕瞬间变为欢笑与惊喜，有很多游客为了体验这种乐趣，竟会四处找垃圾丢进去）(Werbach & Hunter, 2014)。这些创新产品让我们看到了乐趣对人行为的影响。

这些日常生活中的产品中究竟是什么在决定着它的趣味性？什么决定着它让人们更愿意去行动去尝试？有学者认为它们之所以让人感到有趣是因为它给了我们一种实时的反馈，一种乐音或者呼啸后落地的声音，但问题是富有乐趣的活动一定需要有实时反馈吗？并不是所有反馈都能让人产生好奇与快乐。负性的反馈可能让人感到不快。我们认为它们之所以有效，根本原因在于这种反馈是出人意料的，因为结果超出了人们的期望，才觉得不可思议。同样，幽默的话语之所以引人发笑，也是因为出人意料，别人没想到的角度突然出现(周冶金，谷传华, 2015)。幽默的实质是失谐解困(Suls, 1972, 1977)，即“出乎意料之外，合乎情理之中。”思维定势的打破、随机化处理、实时的反馈、幽默的语言……之所以会让人感到有趣，是因为结果让人感到出乎意料，或者说“失谐”（期待的事情没有发生，意外的事情反而发生了），一旦事件与我们的期待产生了不一致，惊奇感往往会伴随发生，之后一旦理解了其中的规则，困惑得解，就会让人会心一笑。当乐趣活动中的失谐感达到了吃惊的程度，人们就会感到惊喜。

其实幽默与有趣是一对同义词，当我们说某人很幽默的时候，就是说这个人很有趣，我们可以借鉴幽默的理论来深入理解乐趣，或者可以将幽默理论进一步推广到对乐趣的理解中：与幽默的实质一样，“失谐解困”是乐趣的核心。如果能让人发现出乎意料（失谐），又在情理之中（解困）的成分，那就会让人产生好玩、有趣的感觉。在失谐解困的过程中，突然困惑得解正是顿悟的瞬间，幽默与顿悟也存在诸多共同之处(聂其阳，罗劲, 2012)。

从幽默的过程来看失谐与解困：要想产生幽默的效果，首先要了解受众的规则性与习惯性预期，只有在与幽默接收者良好关系的基础上，想出一些超出他们预期的点子，一旦打破已有的预期，就会产生失谐（incongruity），进而产生困惑，接收者一旦发现了里面的新规则、新视角（即解惑），就会感觉到有趣，往往伴随着外在的发笑。所以要想在创造力培养中产生有趣的结果，首先应该了解学生已经知道了什么（进而了解学生会有什么样的预期），然后还要考虑学生们能不能理解（即：学生的认知发展水平）。在一项 FMRI 研究中(Bartolo et al., 2006)发现，在听到幽默刺激的时候，颞叶、顶叶、小脑有激活；在困惑得解后，左侧杏仁核有激活，而左侧杏仁核尤其与愉快情绪相连(Hamann et al., 2002; Lee et al., 2004)，其次，幽默的情景激活了大脑的奖赏回路，提升了多巴胺的水平。Canal 等用 ERP 技术来探索人们在阅读幽默与非幽默段落时的大脑活动，探测到三个不同时程：失谐（incongruity detection）、解困（incongruity resolution）及后期过程（the later processes）(Canal et al., 2019)。陈学志等利用 FMRI 了解人们阅读不同语句的大脑活动，发现当幽默刺激引发“失谐”（incongruity detection）的时候，伴随着右半脑的颞中回和额中回的更大激活；当“解困”（incongruity resolution）发生的时候，伴随着双侧额下回和左侧额上回以及顶下叶更大的激活；最后“发笑”环节（feeling of amusement），伴随着腹内侧前额叶、杏仁核、海马旁回更大激活(Chan et al., 2013)。

如图 4 所示：此模型为作者根据失谐解困理论（Incongruent-resolution Theory）(Suls, 1972, 1977)、理解精细化理论（Comprehension-elaboration Theory）(Wyer & Collins, 1992)以及 FMRI 研究(Bartolo et al., 2006; Carter, 2014)等进行的整合。

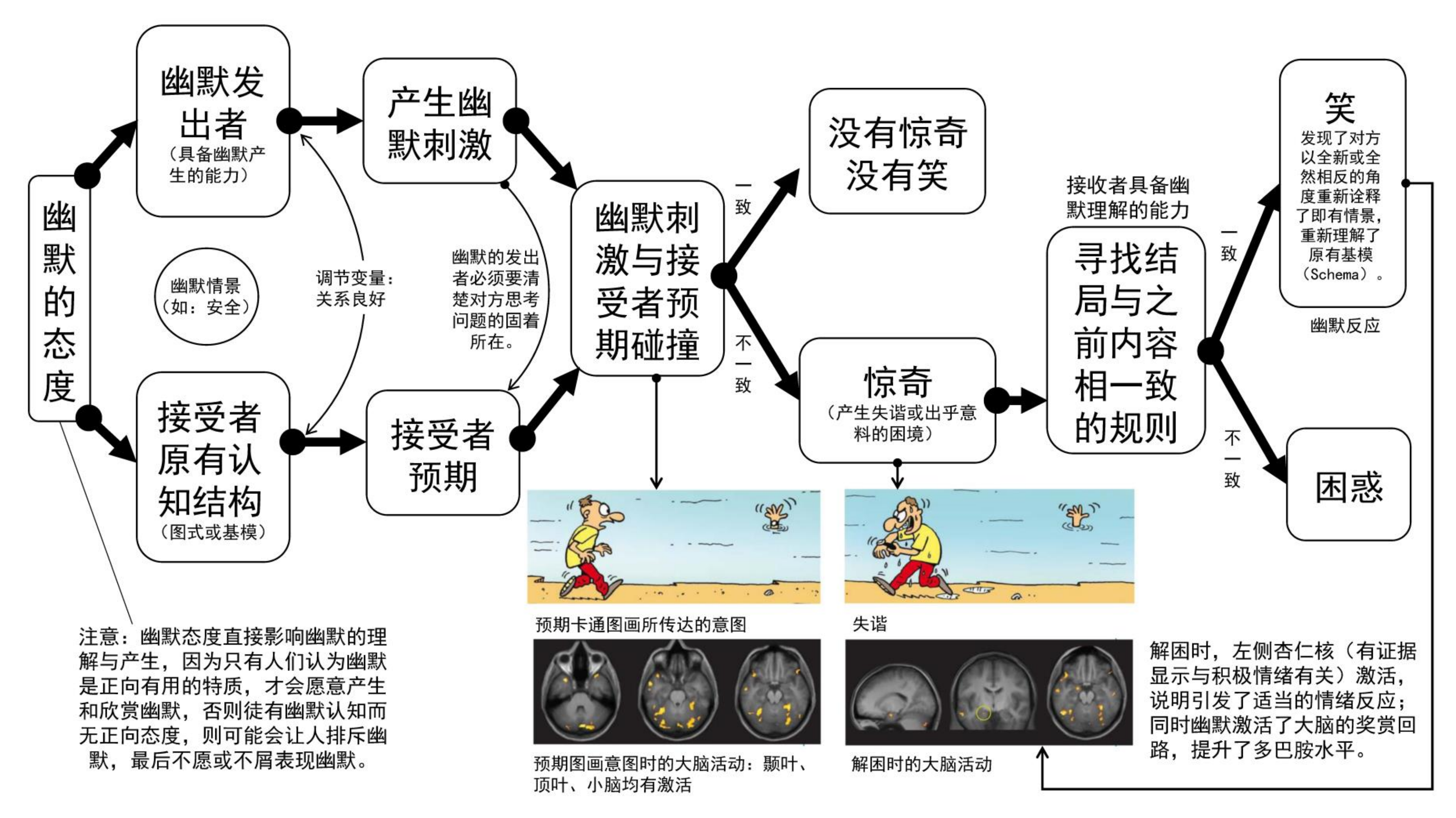


图 4 幽默的产生过程。图画取自（Carter, 2014）

注：资料为笔者根据相关资料的整理

首先，幽默态度直接影响幽默的理解与产生，因为只有人们认为幽默是正向有用的特质，才会愿意产生和欣赏幽默，否则徒有幽默认知而无正向态度，则可能会让人排斥幽默，最后不愿或不屑表现幽默(陈学志, 2004)。幽默效果的产生，是幽默发出者与接收者共同完成的，幽默的发出者要具备幽默产生的能力，幽默的发出者必须要清楚一般人思考问题的固着所在，幽默的接收者要具备理解幽默的能力。在安全的幽默情景下，良好的关系中(陈世民等, 2012)，幽默发出者产生幽默刺激，接受者在原有认知结构的基础上产生预期，如果刺激与预期不一致就会产生失谐，出现惊奇感。幽默理解者寻找结局与之前内容相一致的规则，如果找到了一致性的解释，发现了对方以全新或全然相反的角度重新诠释了即有情景，重新理解了原有图式（schema，或译为基模），就会产生笑的幽默反应，同时伴随着左侧杏仁核以及大脑的奖赏回路（提升了多巴胺水平）的激活，说明引发了适当的情绪反应。

要想让活动变得有趣，就要让活动有意料之外的事情发生，但同时又能理解其中的意义。这与皮亚杰的认知发生论不谋而合。在认知发生论中，“同化”和“顺化”、“建构”和“平衡”等概念，构成了皮亚杰发生认识论体系的概念基础(蒋柯，李其维, 2020)。皮亚杰认为：我们总是用原有的知识经验去认识新的事物，从而将新事物纳入到原有认知结构中去，以巩固和充实旧知识经验（同化）。如果能用旧知识经验解释得通，就达到了暂时的平衡；如果解释不通，就会调整原有知识经验（顺化），以期达到认识上新的平衡。就这样经过不断地从平衡到不平衡，再从不平衡到平衡，再出现新的认识又不平衡......不断进行，逐渐地才认识了外部的世界。这就是智慧发展的过程，是学习和适应的过程。所以：完全已知的事物往往不会引起人的注意和兴趣，因为没有出人意料的成分（即：全都知道——无趣）；完全陌生的事物也难以引起人们的注意和兴趣，因为没有理解的基础（即：全不知道——无趣）；只有那些受众知道但又知道得不多，既与旧知识有联系（提供了理解的基础），又有新的花样，哪怕是不同角度的解读（让人出乎意料），才能引起人的兴趣，并促进旧有观念的更新改进。既能有惊奇之感（失谐），又在理解能力范围之内（解困），兴趣自然也就来了。每个人的原有认知结构因人而异，那么乐趣也就是因人而异的，此外还必须要考虑儿童认知发展的特点才能灵活把握，因为如果学生的认知发展水平没有达到理解的程度，乐趣也不会发生。为了让学生能更容易地理解，呈现刺激材料的方式至关重要，应尽量让呈现的方式更加多元与丰富，不仅仅是抽象符号，还可以通过典型的图像或者动作来进行。

但这里要注意的一点是幽默（乐趣）也分为不同的类型，创造力培养从有趣开始，但是这里的有趣不等于低级的趣味，而是有深度的、积极良善的乐趣。

这时，Martin 等提出的四向度幽默风格模型提供了理论的支持(Martin, 2007; Martin & Ford, 2018; Martin et al., 2003)，如图 5 所示，Martin 等将幽默分为两个向度（对自己和对他人；良善的和有害的），据此编制了幽默感风格量表（Humor Styles Questionnaire，HSQ）(Vrabel et al., 2017; 陈朐海，黄希庭, 2007; 詹雨臻 et al., 2011)。

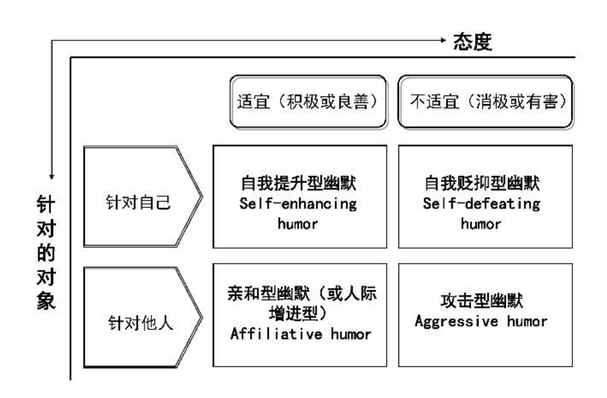


图 5 Martin 等提出的四向度的幽默风格架构(Martin, 2007; Martin & Ford, 2018; Martin et al., 2003)

其中，针对自己：有适宜的（积极的或良善的）乐趣，即自我提升式的乐趣（如：自嘲，用幽默应对压力）；也有不适宜的（消极的或有害的）乐趣，即自我贬抑式的幽默（如：不适当或牵强附会地贬抑自我来求得他人支持）。针对他人：也有适宜和不适宜之分，适宜的（积极的或良善的）乐趣，即亲和型幽默（如：减少矛盾，鼓舞士气）；不适宜的（消极的或有害的）乐趣，即攻击型幽默（如：以粗鄙的笑话来嘲弄、讽刺他人）。在创造力培养过程中，更多考虑的是适宜的乐趣，而应当避免不适宜的乐趣。适宜的乐趣会为创造力培养营造一种良好的氛围。

当课堂有乐趣，符合学生们的认知发展特点，同时学生的心理需求又得到关照，人们往往能沉浸其中，乐在其中，享受其中，产生“福流体验”（flow experience）或“高峰体验”（optimal experience）。但要想维持这种与创造性相关的体验，除了要考虑用乐趣来激发儿童的创造力之外，还要关注学生的能力水平和提供适宜的问题和挑战，尽量在高峰体验的状态下不断促进儿童的发展和成长，为创造力的健康发展做好情绪情感方面的保障。

Csikszentmihalyi 将挑战与能力分别作为横坐标与纵坐标，挑战有难有易，每个人的能力有高有低，中间划分成八种状态(Csikszentmihalyi, 2014a)，其中产生“福流”状态的关键在于“能力与挑战相匹配”，当自己能胜任自己所热爱的事情时，往往能进入到这种高峰体验；此外当个体面临的挑战较大，自己能力适中时，会出现被迫走出“舒适圈”的状态，这种状态叫“唤醒（arousal），如图 6a 所示；当能力大于挑战，个体就会感到舒适可控（可能处于控制或者放松的状态），但这个时候不会让人充满热情，要想让自己充满热情就需要增加挑战的强度，才可能进入“福流”状态；除了唤醒、控制等次好的状态，还有焦虑、担心、冷漠、厌倦等不太好的状态。

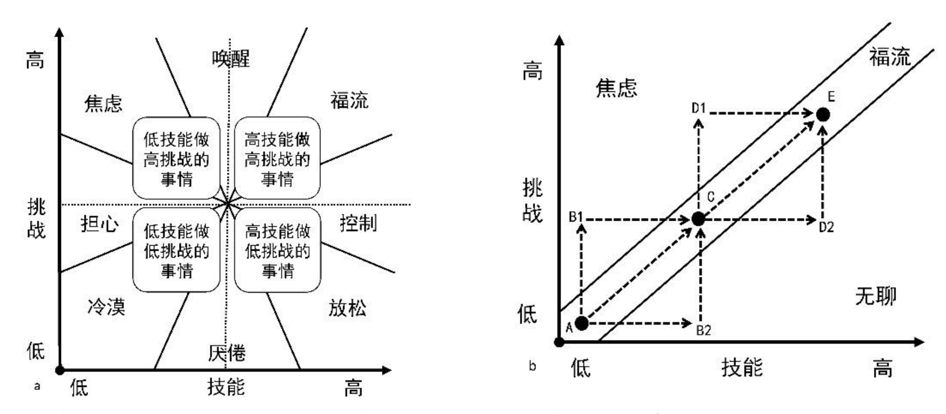


图 6 (a)为 Csikszentmihalyi 的福流理论；(b)为福流的动态发展的模型(Csikszentmihalyi, 2014a, 2014b)

后来 Csikszentmihalyi 将这个静态模型展开为一个动态发展的模型(Csikszentmihalyi, 2014b)，如图 6b 所示。如果一个人的能力与挑战一成不变，那这个人不可能再次进入“福流体验”。只有不断的成长进步才能不断地获得这种高峰体验，要想更幸福，就要让自己不断地成长。当人处于非福流状态时，类似于皮亚杰的不平衡状态，会出现一些明显的信号：如焦虑（anxiety）或者无聊（boredom），为了再次进入到“福流的轨道（flow channel）”必须要适当地提高挑战或者技能。例如：从无聊或厌倦（boredom）中解放出来的办法是做一些对自己有挑战的事情或者发现一些让人兴奋的事情。当一个人的兴趣与好奇心把这个人从舒适圈中拽出来的时候，无聊就会消减，就会重新进入“福流”正轨（从 B2 到 C）；当一个人所面临的挑战高于自身的能力，焦虑就会驱使一个人解决所处的两难困境，而一旦找到了方法和秩序，焦虑就会消散（从 B1 到 C）；当一个人始终有危机意识，技能与挑战始终处在一个相对匹配的状态下，就会平稳地从“福流状态 A”过渡到“福流状态 C”。当达到了正轨后，如果长时间一成不变，还会失去平衡，处于“出轨”状态，要想重新步入正轨（从 D1 到 E 或者从 D2 到 E），必须要适当地提高自己的能力或者增加生活的挑战。福流动态发展模型启示创造力培养者，要关注挑战的适当性，挑战不能太强，也不能太弱，要尽量与学生的认知能力相匹配，在有教无类的前提下，

做到因人而异，因材施教。

4. 小结与展望

创造力培养的核心在于动力系统的激活，同时统筹兼顾创造力的其它成分。在创造力培养过程中老师的权力只有一半，即输出的权力，有没有输入，则要靠学生自己的创造性动力，学生是一个主动建构的学习者，学生只能在已有认知能力和知识经验基础上按照自己的理解进一步建构新的内容，从这一点上来说，一切教育包括创造力培养归根到底都是自我教育，未能激活学生的动力系统的创造力培养，很难奏效。在创造力培养中有哪些方式可以激发学生的主动性？本文重点解释了通过激发兴趣来激活学生的动力系统。不管是提供与学生能力相匹配的知识经验，还是让学生体验创造性的过程，不管是提高学生的元认知水平，还是传授一些创意的方法，不管是提供合理的环境支持，还是维持良好的师生关系调动学生的积极情感......都指向这个核心内容。通过这个核心让学生多多进入“福流”的状态或者成长的状态，动力系统的激活会影响创造力倾向或态度，进而影响到学生的智力导入量，将学生的心理动力指向创造力的发挥，让学生习惯以创造性的方式进行活动（little-c 或 everyday creativity）。人类的大脑遵循用进废退的原则，常用的模块会因此而增大，长久不用的模块会挪作它用。时间长了就会逐渐形成富有创意、乐于创造的习惯及个性，然后形成一种相对稳定的创造性人格。之后进入热爱的领域，成为某领域的专家（professional-c），在各种条件的作用下，最终产生富有创造性的成果（Big-C），成为一个自我实现的人。

研究展望：在课程设计方面，希望蝴蝶理论以及乐趣理论等可以为产出更加系统而有趣的创造力培养课程体系提供理论支撑；在教育实践方面，没有理论指导的实践是盲目的实践，希望蝴蝶理论可以为创造力培养的教育实践者提供一个更加开阔的视野和系统的眼光；在测量工具方面，希望蝴蝶理论可以为编制更加全面的创造力评估工具提供一定的理论基础。此外，创造力培养的蝴蝶论是一个向外辐射的开放的理论体系，具有一定的包容能力，如果有新的研究成果，依然可以吸纳进来，具有不断完善的能力。或许最初的模型并不完美，可以在接下来的实证研究中加以确证和完善。

参考文献

白春章，陈其荣，张慧洁. (2012). 拔尖创新人才成长规律与培养模式研究述评. *教育研究*(12), 147–151.

陈红敏，莫雷. (2005). 幼儿科学创新人格的架构及其培养. *当代教育论坛*(2), 83–85.

陈世民，方杰，孙配贞，张进辅，郑雪. (2012). 幽默的社会理论及其应用研究. *心理科学, 35*(3), 687–693.

陈煦海，黄希庭. (2007). 幽默感研究述评. *西南大学学报(人文社会科学版), 33*(2), 20–24.

陈英和. (2013). *认知发展心理学*. 北京：北京师范大学出版社.

陈学志. (2004). 从“哈哈”到“啊哈”—统整知、情、意、行的幽默课程对创造力培养的影响. *教育心理学报, 35*(4), 393–411.

韩茹，施建农. (2005). 动物创造力和创新研究概述. *心理科学进展, 13*(6), 708–714.

黄韵，成良，屈弋力，赵庆柏，周治金. (2017). 动物创造创新:最简单的智慧闪光. *心理科学进展, 25*(5), 799–809.

蒋柯，李其维. (2020). 论皮亚杰的方法论及其当代意义. *心理学报, 52*(8), 1–14.

李其维. (2008). “认知革命”与“第二代认知科学”刍议. *心理学报, 40*(12), 1306–1327.

林崇德. (2013). *教育与心理发展——教育为的是学生发展*. 北京：北京师范大学出版社.

林崇德，胡卫平. (2012). 创造型人才的成长规律和培养模式. *北京师范大学学报（社会科学版）*(1), 36–42.

刘俊，祝智庭. (2015). 游戏化——让乐趣促进学习成为教育技术的新追求. *电化教育研究, 36*(10),

69–91.
聂其阳, 罗劲. (2012). "啊哈!"和"哈哈!": 顿悟与幽默的脑认知成分比较. *心理科学进展, 20*(2), 219–227.
尚俊杰. (2016). 游戏化创新设计思维. 见 张海霞 (编.), *创新工程实践* (pp. 130-136). 北京: 高等教育出版社.
施建农. (1995). 创造性系统模型. *心理学动态, 3*(3), 1–5.
施建农. (2006). 创造力的培养. *学习与研究*(6), 57–60.
施建农, 陈宁, 杜翔云, 张兴利, 张真, 段小菊, 刘彤冉. (2012). 创造力心理学与杰出人才培养. *中国科学院院刊（增刊）, 27*(S1), 164–173.
王瑞明, 陈红敏, 佟秀丽, 莫雷, Chen, Z. (2007). 用微观发生法培养幼儿科学创造力的实验研究. *学前教育研究*(07-08), 41–45.
韦钰. (2012). *十年"做中学"为了说明什么——以科学研究为基础的教学改革之路*. 北京: 中国科学技术出版社.
温·哈伦. (2011). *科学教育的原则和大概念* (韦钰, 译.). 北京: 科学普及出版社.
吴国盛. (2016). *什么是科学*. 广州: 广东人民出版社.
叶浩生. (2009). *心理学史*. 上海: 华东师范大学出版社.
叶之红. (2007). 关于拔尖创新人才早期培养的基本认识. *教育研究*(6), 36–42.
詹雨臻, 陈学志, 卓淑玲, Martin, R. A. (2011). 区分良善与有害的幽默: 中文版「幽默风格量表」的发展. *测验学刊(专刊), 58*, 207–234.
张光明, 罗传芳. (2010). *马克思传*. 北京: 人民日报出版社.
张亚坤, 陈龙安, 张兴利, 施建农. (2018). 融合视角下的西方创造力系统观. *心理科学进展, 26*(05), 810–830.
周冶金, 谷传华. (2015). *创造心理学*. 北京: 中国社会科学出版社.
Farmelo, G. (2006). *天地有大美: 现代科学之伟大方程* (涂泓, 吴俊, 冯承天, 译.). 上海: 上海科技教育出版社.
Gazzaniga, M. S. (2016). *人类的荣耀: 是什么让我们独一无二* (彭雅伦, 译.). 北京: 北京联合出版社.
Huff, T. E. (2010). *近代科学为什么诞生在西方* (周程, 余霞, 译. 第 2 版.). 北京: 北京大学出版社.
Sawyer, R. K. (2013). *创造性: 人类创新的科学* (师保国, 译. 第二版.). 上海: 华东师范大学出版社.
Werbach, K., & Hunter, D. (2014). *游戏化思维: 改变未来商业的新力量* (周逵, 王晓丹, 译.). 杭州: 浙江人民出版社.
Alfonso-Benlliure, V., Meléndez, J. C., & García-Ballesteros, M. (2013). Evaluation of a creativity intervention program for preschoolers. *Thinking Skills and Creativity, 10*, 112–120.
Amabile, T. M. (1996). *Creativity in context: Update to the "social psychology of creativity"*. Boulder, CO: Westview Press.
Baas, M., Roskes, M., Sligte, D., Nijstad, B. A., & De Dreu, C. K. W. (2013). Personality and creativity: The dual pathway to creativity model and a research agenda. *Social and Personality Psychology Compass, 7*(10), 732–748.
Bartolo, A., Benuzzi, F., Nocetti, L., Baraldi, P., & Nichelli, P. F. (2006). Humor comprehension and appreciation: An fMRI study. *Journal of Cognitive Neuroscience, 18*, 1789–1798.
Beaty, R. E., Kenett, Y. N., Christensen, A. P., Rosenberg, M. D., Benedek, M., Chen, Q., . . . Silvia, P. J. (2018). Robust prediction of individual creative ability from brain functional

connectivity. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 115*(5), 1087–1092.
Beaussart, M. L., White, A. E., Pullaro, A., & Kaufman, J. C. (2014). Reviewing recent empirical findings on creativity and mental illness. In J. C. Kaufman (Ed.), *Creativity and mental illness*. New York: Cambridge University Press.
Beghetto, R. A., Kaufman, J. C., & Baer, J. (2015). *Teaching for creativity in the common core classroom*. New York: Teachers College Press.
Bonnin, L. (2012). Super smart animals. Retrieved July 7,2020, from https://www.imdb.com/title/tt2255259/
Canal, P., Bischetti, L., Di Paola, S., Bertini, C., Ricci, I., & Bambini, V. (2019). 'Honey, shall I change the baby? - Well done, choose another one': ERP and time-frequency correlates of humor processing. *Brain and Cognition, 132*, 41–55.
Carson, S. H. (2011). Creativity and psychopathology: A shared vulnerability model. *Canadian Journal of Psychiatry*(56), 144–153.
Carson, S. H. (2014a). Cognitive disinhibition, creativity, and psychopathology. In D. K. Simonton (Ed.), *The Wiley handbook of genius* (pp. 198–221). Malden, MA: Wiley Blackwell.
Carson, S. H. (2014b). The shared vulnerability model of creativity and psychopathology. In J. C. Kaufman (Ed.), *Creativity and mental illness* (pp. 253–280). New York: Cambridge University Press.
Carter, R. (2014). *The brain book: An illustrated guide to its structure, functions, and disorders* (2nd ed.). New York: DK Publishing.
Celik, P., & Lubart, T. (2016). When East Meets West. In V. P. Glăveanu & B. Wagoner (Eds.), *The Palgrave handbook of creativity and culture research* (pp. 37–55). London, UK: Palgrave Macmillan.
Chan, Y. C., Chou, T. L., Chen, H. C., Yeh, Y. C., Lavallee, J. P., Liang, K. C., & Chang, K. E. (2013). Towards a neural circuit model of verbal humor processing: An fMRI study of the neural substrates of incongruity detection and resolution. *Neuroimage, 66*, 169–176.
Cleary, T. J., & Zimmerman, B. J. (2004). Self-regulation empowerment program: A school-based program to enhance self-regulated and self-motivated cycles of student learning. *Psychology in the Schools, 41*(5), 537–550.
Csikszentmihalyi, M. (2014a). Flow and education. In M. Csikszentmihalyi (Ed.), *Applications of flow in human development and education: The collected works of Mihaly Csikszentmihalyi* (pp. 129–151). Dordrecht, Netherlands: Springer.
Csikszentmihalyi, M. (2014b). Learning, "flow", and happiness. In M. Csikszentmihalyi (Ed.), *Applications of flow in human development and education:The collected works of Mihaly Csikszentmihalyi* (pp. 153–171). Dordrecht, Netherlands: Springer.
Dai, D. Y. (2013). How advances in gifted education contribute to innovation education, and vice versa. In L. V. Shavinina (Ed.), *International handbook on innovation education* (pp. 52–67). New York: Routledge.
Dreu, C. K. W. D., & Nijstad, B. A. (2017). On becoming creative: Basic theory with implications for the workplace. In A. J. Elliot, C. S. Dweck, & D. S. Yeager (Eds.), *Handbook of competence and motivation: Theory and application* (pp. 353–369). New York: The Guilford Press.
Fayena-Tawil, F., Kozbelt, A., & Sitaras, L. (2011). Think global, act local: A protocol analysis comparison of artists' and nonartists' cognitions, metacognitions, and evaluations while

drawing. *Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts, 5*(2), 135–145.
Gazzaniga, M. S. (2008). *Human : The science behind what makes us unique* New York: Harper Collins Publishers
Gazzaniga, M. S., Ivry, R. B., & Mangun, G. R. (2013). *Cognitive neuroscience: The biology of the mind* (4th ed.). New York: W. W. Norton & Company.
Gerhart, B., & Fang, M. Y. (2017). Competence and pay for performance. In A. J. Elliot, C. S. Dweck, & D. S. Yeager (Eds.), *Handbook of competence and motivation: Theory and application* (pp. 232–250). New York: The Guilford Press.
Hamann, S. B., Ely, T. D., Hoffman, J. M., & Kilts, C. D. (2002). Ecstasy and agony: Activation of the human amygdala in positive and negative emotion. *Psychological Science, 13*(2), 135–141.
Hennessey, B. A. (2007). Creativity and motivation in the classroom: A social psychological and multi-cultural perspective. In A. G. Tan (Ed.), *Creativity: A handbook for teachers* (pp. 27–46). Singapore: World Scientific.
Hennessey, B. A. (2010). Intrinsic motivation and creativity in the classroom: Have we come full circle? In R. A. Beghetto & J. C. Kaufman (Eds.), *Nurturing creativity in the classroom* (pp. 329–361). New York: Cambridge University Press.
Hsee, C. K., & Ruan, B. (2016). The pandora effect: The power and peril of curiosity. *Psychol Sci, 27*(5), 659–666.
Jaarsveld, S., & Leeuwen, C. v. (2005). Sketches from a design process: creative cognition inferred from intermediate products. *Cognitive Science, 29*(2005), 79–101.
Kaufman, A. B., & Kaufman, J. C. (2015). *Explorations in creativity research: Animal creativity and innovation*. London: Elsevier.
Kaufman, J. C., & Beghetto, R. A. (2013). In praise of Clark Kent: Creative metacognition and the importance of teaching kids when (not) to be creative. *Roeper Review, 35*(3), 155–165.
Kim, U. (2007). Creating a world of possibilities: Indigenous and cultural perspectives. In A. G. Tan (Ed.), *Creativity: A handbook for teachers* (pp. xi–xvi). Singapore: World Scientific.
Lee, G. P., Meador, K. J., Loring, D. W., Allison, J. D., Brown, W. S., Paul, L. K., . . . T.B., L. (2004). Neural substrates of emotion as revealed by functional magnetic resonance imaging. *Cognitive Behavioral Neurology, 17*, 9–17.
Lubart, T. (2010). Cross-cultural perspectives on creativity. In J. C. Kaufman & R. J. Sternberg (Eds.), *The cambridge handbook of creativity* (pp. 265–278). New York: Cambridge University Press.
Maclean, P. D. (1967). The brain in relation to empathy and medical education. *Journal of Nervous & Mental Disease, 144*(5), 374.
Maclean, P. D. (1991). Neofrontocerebellar evolution in regard to computation and prediction: Some fractal aspects of microgenesis. In R. E. Hanlon (Ed.), *Cognitive microgenesis: A neuropsychological perspective* (pp. 3–31). New York: Springer-Verlag.
Martin, R. A. (2007). *The psychology of humor: An integrative approach*. Burlington, MA: Elsevier Academic Press.
Martin, R. A., & Ford, T. E. (2018). *The psychology of humor: An integrative approach* (2nd ed.). London: Elsevier Academic Press.
Martin, R. A., Puhlik-Doris, P., Larsen, G., Gray, J., & Weir, K. (2003). Individual differences in uses of humor and their relation to psychological well-being. *Journal of Research in*

Personality, 37, 48–75.

Milton, J., Solodkin, A., Hlustik, P., & Small, S. L. (2007). The mind of expert motor performance is cool and focused. *Neuroimage, 35*(2), 804–813.

Page, S. E. (2007). *The difference: How the power of diversity creates better groups, firms, schools, and societies*. Princeton, NJ: Princeton University Press.

Piirto, J. (2010). The five core attitudes, seven I's, and general concepts of the creative process. In R. A. Beghetto & J. C. Kaufman (Eds.), *Nurturing creativity in the classroom* (pp. 142–171). New York: Cambridge University Press.

Piirto, J. (2011). *Creativity for 21st century skills: How to embed creativity into the curriculum*. Rotterdam: Sense Publishers.

Plucker, J. A., & Dow, G. T. (2010). Attitude change as the precursor to creativity enhancement. In R. A. Beghetto & J. C. Kaufman (Eds.), *Nurturing creativity in the classroom* (pp. 362–379). New York: Cambridge University Press.

Richards, R. (2010). Everyday creativity in the classroom: A trip through time with seven suggestions. In R. A. Beghetto & J. C. Kaufman (Eds.), *Nurturing creativity in the classroom* (pp. 206–234). New York: Cambridge University Press.

Richards, R. (2018). *Everyday creativity and the healthy mind: Dynamic new paths for self and society*. London: Palgrave Macmillan.

Runco, M. A. (2010). Education based on a parsimonious theory of creativity. In R. A. Beghetto & J. C. Kaufman (Eds.), *Nurturing creativity in the classroom* (pp. 235–251). New York: Cambridge University Press.

Ryan, R. M., & Deci, E. L. (2000). Intrinsic and extrinsic motivations: Classic definitions and new directions. *Contemp Educ Psychol, 25*(1), 54–67.

Ryan, R. M., & Moller, A. C. (2017). Competence as central, but not sufficient, for high‑quality motivation: A self‑determination theory perspective. In A. J. Elliot, C. S. Dweck, & D. S. Yeager (Eds.), *Handbook of competence and motivation: Theory and application* (2nd ed., pp. 214–231). New York: The Guilford Press.

Sage, H. (2012). Horizon: The hunt for AI. Retrieved July 7,2020, from http://www.bbc.co.uk/programmes/b01fmbvb

Sawyer, R. K. (2012). Explaining creativity:The science of human innovation. (2nd ed.). New York: Oxford University Press.

Shi, J. N. (2013). Broadening creativity: From testing to systemic understanding. In A. G. Tan (Ed.), *Creativity talent and excellence* (pp. xi–xv). Singapore: Springer.

Shi, J. N., Qu, X. J., & Liu, T. R. (2007). Creativity and its cultivation. In A. G. Tan (Ed.), *Creativity: A handbook for teachers* (pp. 65–75). Singapore: World Scientific.

Shi, J. N., Zhang, X. L., Chen, N., Duan, X. J., & Du, X. Y. (2013). Nurturing gifted learners in Mainland China: A bio-socio-intellectual perspective. *CAISE Review, 1*, 2–14.

Simonton, D. K. (2014). The mad (creative) genius: what do we know after a century of historiometric research? In J. C. Kaufman (Ed.), *Creativity and mental illness* (pp. 25–41). New York: Cambridge University Press.

Sternberg, R. J. (2007). Creativity as a habit. In A. G. Tan (Ed.), *Creativity: A handbook for teachers* (pp. 3–26). Singapore: World Scientific.

Sternberg, R. J. (2010). Teaching for creativity. In R. A. Beghetto & J. C. Kaufman (Eds.), *Nurturing creativity in the classroom* (pp. 394–414). New York: Cambridge University Press.

Storme, M., & Lubart, T. (2012). Conceptions of creativity and relations with judges' intelligence and personality. *The Journal of Creative Behavior, 46*(2), 138–149.

Suls, J. M. (1972). Two-stage model for the appreciation of jokes and cartoons Information-processing analsis. In J. H. Goldstein & P. E. McGhee (Eds.), *The psychology of humor* (pp. 81–100). San Diego, CA: Academic Press.

Suls, J. M. (1977). Cognitive and disparagement theories of humor: A theoretical and empirical synthesis. In A. J. Chapman & H. C. Foot (Eds.), *It's a funny thing, humor* (pp. 41–45). Elmsford, NY: Pergamon Press.

Vrabel, J. K., Zeigler-Hill, V., & Shango, R. G. (2017). Spitefulness and humor styles. *Personality and Individual Differences, 105*, 238–243.

Wallner, E. (2018). Turning design mockups into code with deep learning. *Deep Learning.* Retrieved July 7,2020, from https://blog.floydhub.com/turning-design-mockups-into-code-with-deep-learning/

Wyer, R. S., & Collins, J. E. (1992). A theory of humor elicitation. *Psychological Review, 99*(4), 663–688.

Xiong, W., Droppo, J., Huang, X., Seide, F., Seltzer, M., Stolcke, A., . . . Zweig, G. (2017). The microsoft 2016 conversational speech recognition system. *International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing (ICASSP)*, 5255–5259.

Xiong, W., Wu, L., Alleva, F., Droppo, J., Huang, X., & Stolcke, A. (2017). The microsoft 2017 conversational speech recognition system. *Microsoft Technical Report*.

Zimmerman, B. J. (1998). Academic studing and the development of personal skill: A self-regulatory perspective. *Educational Psychologist, 33*(2–3), 73–86.

Wisdom minds, creative wings:

Igniting creative dynamics and focusing on its conditions

ZHANG Yakun[1,3], CHEN Ning[1], CHEN Lung An[2], SHI Jiannong[1,4,5,6]

([1] *Institute of Psychology, Chinese Academy of Sciences, Beijing* 100101, *China*)

([2] *China Creativity Training Development Association, Taipei 10462, China*)

([3] *Beijing Institute of Technology, Beijing 100081, China*)

([4] *University of Chinese Academy of Science, Beijing 100049, China*)

([5] *Key Laboratory of Behavioral Science, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China*)

([6] *Department of Learning and Philosophy, Aalborg University, Denmark*)

Abstract: Creativity is an interwoven system, encompassing individuals, groups, society, culture, etc. Since creativity is a system, the cultivation of creativity should also be systematic. We integrated some creativity-relevant theories to generate practical advice on the challenges of supporting creativity within the classroom. Based on earlier research on creativity, we put forth the "Butterfly Theory of Nurturing Creativity" to give a bird's eye view of nurturing creativity. In this theory, the core and premise of being creative are to have creative impulses or creative dynamics (i.e., dynamic systems). We summarized the conditions supporting the dynamic systems into "two forewings" named capability and vitality (i.e., the support system). At the level of capability, creativity calls for general cognitive ability, multimethod enlightenment, attention to metacognition, and efficient knowledge information management. At the level of vitality, creative dynamics also relies on the satisfaction of basic psychological needs, the healthy

development of personal traits, and reasonably supportive social interaction in an inclusively social and cultural environment. Besides, if an individual wants to fly freely in a creative life, he also needs “two hindwings” (conducting daily creative thinking and problem solving; forming creative habits and a creative personality) that are constantly improved in daily life to adjust the balance (i.e., regulating system). People who are creative show motivation to make novel and appropriate products for their domains of interest. Creativity cannot be taught unless teachers find ways to intrigue their students’ creative impulses. Intrinsic motivation, like interest, is the greatest autonomous motivator. The Key topics of this paper are to find what the essence of interest or fun is and how to raise it. Combining theory with practice, this paper also shows a general way to activate fun or interest in the classroom.

Keywords: BSI model, the butterfly theory of nurturing creativity, intelligence current, fun theory, incongruent-resolution theory, the humor style model, the dynamics of flow